



(19)

CH PATENTSCHRIFT

(11)

551 097

G

(21)

Gesuchsnummer: 541/73

(61)

Zusatz zu:

(62)

Teilgesuch von:

(22)

Anmeldungsdatum: 12. 1. 1973, 24 h

(33) (32) (31)

Priorität: Ungarn, 29. 6. 1972 (2251/TA-1192)

Patent erteilt: 15. 5. 1974

(45)

Patentschrift veröffentlicht: 28. 6. 1974

(54)

Titel:

Wicklung für einen Gleich- oder Wechselstrom-Kommutatormotor

(73)

Inhaber:

Távközlési Kutató Intézet, Budapest (Ungarn)

(74)

Vertreter:

Dipl.-Ing. Richard Rottmann & Co., Zürich

(72)

Erfinder:

Alajos Csernoch, Istvan Drexler und Laszlo Nagy, Budapest (Ungarn)

Gegenstand der Erfindung ist eine Wicklung für einen Gleich- oder Wechselstrom-Kommutatormotor. Zweck der Erfindung ist, eine Wicklung vorzuschlagen, welche bei der Verwendung in einem gegebenen Motor die Verkürzung der Drahtlänge der Wicklung erlaubt und somit eine Ersparnis an Kupfer von 20 bis 40 % ermöglicht. Ferner soll der Verluststrom I^2R vermindert werden.

Die Arbeitswicklung (Rotorwicklung) der bekannten Kommutatormotoren wird mit Hilfe des Wellen- und/oder Schleifenwicklungsverfahrens geformt. Das Verfahren ist besonders in Niederspannungs- und Hochstrommaschinen von Nachteil, da sich aus der Wicklungsform ein hoher Wicklungswiderstand ergibt.

Der in der Wicklung fliessende Arbeitsstrom erzeugt eine Verlustleistung von I^2R , welche sowohl Wärmeableitungs-Probleme verursacht als auch die nützliche Leistung des Motors und sogar den Wirkungsgrad der Maschine nachteilig beeinflusst. Die bekannten Kommutationsprobleme der Hochstrommaschinen können gleichfalls auf die Wicklungsart zurückgeführt werden.

Die vorgeschlagene Wicklung soll eine Verminderung des Widerstandes der Arbeitswicklung (Rotorwicklung) des Motors und die Erweiterung der Kommutationszone ermöglichen.

Die erfindungsgemässe Wicklung für einen Gleich- oder Wechselstrom-Kommutatormotor ist dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den aufeinanderfolgenden Segmenten des Kommutators mindestens ein Teil der Wicklung derart geschaltet ist, dass die Windungen der zwischen den aufeinanderfolgenden Bürsten befindlichen Wicklungsteile vom zu erregenden Eisenkörper höchstens eine halbe Polweite, d. h. höchstens 90 elektrische Grade umfassen.

Im allgemeinen ist in der Praxis eine halbe Polweite geringer als 90 elektrische Grade. Es ist ferner vorteilhaft, wenn sich die Bürsten ausserhalb der neutralen Zone, zweckmässig in der Umgebung der grössten Kraftliniendichte, die Segmente berühren. Die Wicklung innerhalb der 90 elektrischen Grade kann derart angeordnet sein, dass mindestens eine der Windungen der in den Nuten des Eisenkerns befindlichen Wicklungen, mindestens einzelne Zähne gleichzeitig umfassen. Dies hängt zunächst von der Anzahl der Nuten bzw. Grade innerhalb der 90 elektrischen Grade ab. Die Widerstandskommulation der mit der vorliegenden Differentialwicklung aufgebauten elektrischen Maschinen geht nicht in der neutralen Zone, sondern in den grössten, oder fast grössten magnetischen Feld der Pole vor sich. Dies ist vorteilhaft, da die Änderung $\Delta\phi/\Delta t$ hier geringer ist als in der nächsten Nähe der neutralen Zone. Gleichzeitig ist die Kommutation in dieser Zone möglich, da die bei der Kommutation kurzgeschlossenen, nebeneinander liegenden Kontakte bzw. Segmente an einer gleichen, oder fast gleichen Spannung sind. Diese Lösung bietet auch bei der Konstruktion mehrere Vorteile. Als Vorteil kommt in Betracht, dass die bekannte Erweiterung der neutralen Zone in elektrischen Maschinen unterbleiben kann. Die Oberfläche der Pole kann um 80-90 % erhöht werden, weiter müssen auch in Maschinen von mehreren Kilowatt keine Hilfspole verwendet werden, da die Feldänderung im Polraum eine verhältnismässig geringere ist als an den Polrändern.

Die vorliegende Wicklung lässt auch Lösungen zu, laut welcher die Windungen der in den Nuten des Eisenkerns angeordneten Wicklungen oder Wicklungsteile mehrere Zähne, oder gemischt einen Zahn und mehrere Zähne durch Überlappung derart umfassen, dass gleichzeitig ein von den Windungen der vorangehenden bzw. nachfolgenden Wicklungen bereits umfasster Zahn oder deren mehrere auch umfasst wird. Die Überlappung kann höchstens eine halbe Polweite umfassen. Eine Überlappung ist zweckmässig, wenn

breite Pole verwendet werden.

Ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes wird anhand der Figuren erläutert.

In den Fig. 1 und 2 ist je ein Eisenkörper gleicher Grösse dargestellt. Der Eisenkörper nach Fig. 1 wird von einer einzigen Windung umgeben, wobei die Seite Y des Eisenkörpers 5 cm und die Seite X desselben 10 cm beträgt. Somit ergibt sich für die Fläche des Eisenkörpers 50 cm^2 . Die Länge des den Eisenkörper umgebenden Drahtes N ist 30 cm. Dieser Eisenkörper wird mit den in Fig. 2 dargestellten Spalten Z versehen, wobei die Breite der Spalten vernachlässigbar ist. Somit werden insgesamt fünf Flächen Δx je $5 \times 2 \text{ cm}$ erhalten. Nun werden die Eisenkörperflächen Δx laut Fig. 3 mit einer Windung bewickelt. In Fig. 3 ist der Eisenkörper eigens nicht dargestellt.

Eine Windung Δx der Differentialwicklung laut Fig. 3 umfasst 10 cm^2 , somit ein Fünftel des Eisenkörpers. Zur Bewicklung des ganzen Eisenkörpers werden im ganzen eine Drahtlänge von 76 cm und zum Anschluss der Wicklungen noch weitere 6 cm benötigt. Diese Drahtlänge ist annähernd das 2,5-fache der in Fig. 1 dargestellten Drahtlänge. Beispielsweise fliessende um den Eisenkörper laut Fig. 1 und 2 ein Strom I von 100 A. Für die Anordnung laut Fig. 1 ergeben sich für je 1 cm^2 Fläche 2 Amperewindungen/ cm^2 , für diejenige laut Fig. 2 10 Amperewindungen/ cm^2 . Demzufolge ergibt sich für die Anordnung laut Fig. 3 eine fünffache Amperewindungszahl.

Um für die Ausführung laut Fig. 2 gleichfalls 2 Amperewindungen je Quadratzentimeter zu erhalten, muss der Strom von 100 A auf 20 A verringert werden. Bei Verwendung von Drähten gleichen Querschnitts gestaltet sich der Verlust I^2R folgenderweise, wird beispielsweise für den Widerstand des Drahtes ein Wert von 0,01 Ohm je 10 cm angenommen. In der Anordnung laut Fig. 1 beträgt der Verlust bei 100 A 300 Watt und in derjenigen laut Fig. 2 bei 20 A 31 Watt, d. h. der Verlust ist mit der Differentialwicklung laut Fig. 3 um eine Grössenordnung geringer. Wird die Erregerwindungszahl von 10 Amperewindungen/ cm^2 laut Fig. 2 als Ausgang angenommen und wird in der Wicklung laut Fig. 1 die Erregung auf 10 Amperewindungen/ cm^2 erhöht, so muss bei Beibehalten des Stromes /100 A/ die Windungszahl der Wicklung auf 5 erhöht werden. Somit wird sich für den Widerstand ein Wert von 0,15 Ohm und für die Verlustleistung 1500 Watt ergeben. In der Anordnung laut Fig. 2 beträgt bei einem Strom von 100 A der Verlust 760 W.

In Fig. 4 ist ein Teil der als Schleifenwicklung ausgeführten Arbeitswicklung eines Rotors schematisch dargestellt. Die Wicklungsteile A und V in der neutralen Zone sind mit den Bürsten F und G kurzgeschlossen. Angenommen, dass die Richtung des in den Polen N und S entstandenen Flusses eine entsprechende ist, wird nach dem Lenzschen Gesetz in den Wicklungsteilen A, B, C, H, V in der mit Pfeilen bezeichneten Richtung eine elektromotorische Kraft induziert. Es sei der in den Polen N und S erregte Fluss gross genug, damit in der Wicklung -4 V induziert werden. In diesem Falle wird die in der Wicklung V induzierte Spannung +4 V betragen. In der Wicklung B wird eine elektromotorische Kraft von $-3 + 1 = -2$, in der Wicklung C eine solche von $-2 + 2 = 0$ und in der Wicklung H eine solche von $-1 + 3 = 2 \text{ V}$ entstehen. Für die Wicklungen B, C und H ergibt sich eine resultierende elektromotorische Kraft von $-2 + 0 + 2 = 0$, d. h. die Bürsten werden die Wicklungen A und V tatsächlich in der neutralen Zone kurzschliessen. Es kann leicht festgestellt werden, dass wenn die Bürsten um ein Kommutatorsektor nach links verschoben werden, die in den nicht kurzgeschlossenen Wicklungen die induzierte Spannung $-4 - 2 + 0 = -6 \text{ V}$ betragen wird. Um die neutrale Zone ist die Spannungsänderung ein grosse.

Werden die Pole laut Fig. 4 beibehalten und die Breite der Wicklungen A, B, C, H und V mindestens auf die Hälfte verringert, wird die Anordnung laut Fig. 5 erhalten. Werden die Induktionsbedingungen laut Fig. 4 sichergestellt, so werden in die Wicklung A -2 V induziert, da diese Wicklung die Hälfte des Poles N umfasst. Die induzierte elektromotorische Kraft beträgt in der Wicklung B $-1,5$, in der Wicklung C $-1 + 1 = 0$, in der Wicklung H $+1,5$ V und in der Wicklung V $+2$ V, in den Wicklungen B, C und H $-1,5 + 0 + 1,5 = 0$, d. h. die Bürsten F und G befinden sich abermals in der neutralen Zone. Es ist einzusehen, dass im Beispielsfalle, werden die Bürsten um einen Kommutatorsektor nach links verschoben, wird die an den Bürsten gemessene Spannung $-2 - 1,5 + 0 + 1,5 = -2$ V betragen. Dieser Wert beträgt ein Drittel desjenigen des vorangehenden Beispiels. Somit ist die Spannungsänderung um die neutrale Zone keine besonders steile. Dies ermöglicht die Erzeugung von 4–5 kW Motoren ohne Hilfspole. Natürlich kann die Wicklung laut Fig. 5 in einer noch differenzierteren Form gelöst werden.

Die vorliegende Wicklungsform befriedigt die gestellten Bedingungen, wie dies in Fig. 7 schematisch dargestellt ist. Unter den Polen N und S ist um den gezahnten Eisenkörper ein Stromleiter gewickelt.

Fliesst über die Bürsten O und P ein Strom in den Leiter und entspricht die Richtung des Stromes den Pfeilen I, so entsteht in den Punkten R und S' um die fiktiven Stromleiter die Kraftlinie welche im Falle von fixen Polen den gezahnten Eisenkörper N nach links verschieben. Von den Kollektorsegmenten 2 und 5 gleiten die Bürsten auf die Segmente 3 und 6 usw. Wie aus Fig. 7 ersichtlich, sind die Bürsten über die Kollektorsegmente 2 und 5 derart an die Wicklungen angeschlossen, dass die Zähne vom Stromanschluss rechts auf Einwirkung der Erregung den Pol N, die links aber den Pol S aufnehmen. Somit werden die Pole N und S rechts und links vom Anschlusspunkt die Kraftlinien um den fiktiven Stromleiter R erzeugen. Am Austrittspunkt des Stromes kommt dann das magnetische Feld um die fiktive Stromlinie S' zustande. Wie in Fig. 7 ersichtlich, kommt die Kommutation in den unter den Polen befindlichen Wicklungen zustande, wodurch eine ständige, eine weite Kommutationszone ergebende Kraftliniendichte auf einem grossen Gebiet als sichergestellt angenommen werden kann. Die Differentialwicklung ermöglicht nicht bloss eine Ersparnis von 40–50 % an Stromleiterdrähten, sondern steigert infolge der beträchtlichen Verminderung der Verlustenergie den Wirkungsgrad der Maschine. Somit lässt die Erfindung die wirtschaftliche Fertigung von Niederspannungs-Grossmotoren zu. Da als Ergebnis der Methode die ausserhalb des Eisenkörpers befindliche Wicklung abgekürzt wird, ermöglicht die vorliegende Differentialwicklung auch Ersparnisse an anderen Werkstoffen der Maschine.

Aus den Fig. 1, 2 und 3 ist es einleuchtend, dass die Differentialwicklung zwecks besserer Erregung einer Einheitsfläche derart durchgeführt werden muss, dass die Breite der Flächen Δx eine kleine sei. Laut Fig. 7 ist dies derart gelöst, dass an die Zähne 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 des Eisenkörpers N der Draht gesondert aufgewickelt ist, und sodann in Reihe geschaltet wird. Die Breite der Zähne 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 kann je Maschine geändert werden. Doch ist die Breite t grösser als die Hälfte der Breite S_z des Pols, kann eine Verminderung des Wirkungsgrades der Maschine eintreten.

Je eine Wicklung k kann mehrere Zähne, jedoch höchstens die Anzahl der Zähne unterhalb des Halbpoles umfassen.

In Fig. 7 sind die Wicklungen k gesondert an die Zähne 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 gewickelt. Die Wicklung ist einnützig. Die Wicklungen k umfassen je zwei Zähne, z. B. 11–12,

13–14, 15–16 und 17–18. Die Wicklungen werden sodann in Reihe geschaltet (Fig. 8). Die Wicklungen k umfassen je drei Zähne z. B. 11–12–13, 14–15–16 usw. Die Wicklung ist eine dreinütige (Fig. 9). Weiter gibt es mehrere Zähne umfassende Wicklungen, oder gemischte Wicklungen, wenn die Windungen einer Wicklung teils einen Zahn, teils mehrere Zähne umfassen.

Diese Umfassungen können höchstens bis zur Hälfte der Polweite S_z , bis Halbpole-Weite, einer Elektromaschine gesteigert werden.

Die sich laut der für Differentialwicklungen angeführten Beispiele ergebenden Wicklungen können gemischt geschaltet werden. Sie werden in der Reihe oder parallel geschaltet und zwar je nach dem durch den Jouleeffekt verursachten Verlust und je nach dem Innenwiderstand für welchen die Maschine erzeugt werden soll. Was für das Ausmass der Umfassung kennzeichnend ist, ist die von den Wicklungen der an die aufeinander folgenden Kommutatorsegmente angeschlossenen Wicklungsenden laut Fig. 7 umfasste Anzahl von Zähnen 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18.

Eine mehrere z. B. zwei Zähne umfassende Differential-schaltung ist in Fig. 8 dargestellt. In Fig. 8 ist bloss das Allerwesentlichste veranschaulicht. Der Eisenkörper N und die Segmente Z wurden eigens nicht gezeichnet. Zwar wurden die Zähne von 10 bis 22 numeriert, doch in der Erläuterung werden bloss die Zähne 12, 13, 14 erwähnt, da die anderen in einer vollkommen ähnlichen Weise gewickelt sind. Die Windungen der einzelnen Wicklungen sind überlappt gebildet und zwar derart, dass sämtliche Windungen der einen Wicklung k_1 , oder bloss ein Teil derselben, teils den ersten Zahn 12, teils den zweiten Zahn 13 umfassen, sämtliche Windungen der zweiten Wicklung k_2 , oder bloss ein Teil derselben, teils den zweiten Zahn 13, teils den dritten Zahn 14 umfassen. Im weiteren umfassen die Windungen der weiteren Wicklungen, oder bloss ein Teil derselben, je einen von den Windungen der vorangehenden und folgenden Wicklungen umfassten Zahn.

In Fig. 9 ist eine drei Zähne umfassende Wicklung dargestellt. Hier sind die Windungen der verschiedenen Wicklungen überlappt ausgeführt und zwar in einer Weise, dass sämtliche Windungen der einen Wicklung, oder bloss Teile derselben, den ersten Zahn 12, den zweiten Zahn 13 und den dritten Zahn 14 und den vierten Zahn 15 umfassen. Sämtliche Windungen der weiteren Wicklungen oder ein Teil derselben umfassen teils die von den vorangehenden zwei Wicklungen, teils die von den folgenden zwei Wicklungen bereits umfassten Zähne. Z. B. umfasst eine Wicklung k_3 den von der Wicklung k_1 bereits umfassten Zahn 14, weiters den von der vorangehenden Wicklung k_2 bereits umfassten Zahn 15, sowie von der folgenden Wicklung k_4 umfassten Zahn 15 und den von der Wicklung k_5 umfassten Zahn 16. Wie in der Figur ersichtlich, umfassen den Zahn 15 die Wicklungen k_4 und k_5 gleicherweise, deshalb ist die Anzahl der von der Wicklung k_3 umfassten Zähne richtig drei 14, 15, 16.

Vier, fünf oder mehrere Zähne umfassende Wicklungen werden in ähnlicher Weise gefertigt. Die Bürsten O, P, sowie die Segmente Z sind sinngemäss denen in Fig. 7 dargestellten ähnlich.

Die gemischte Wicklung ist gleichfalls lösbar. In diesem Falle wird ein Teil der Windungen einer Wicklung einen einzigen Zahn, ein anderer Teil wieder mehrere Zähne umfassen. Eine derartige Ausführung ist beispielsweise in Fig. 10 dargestellt, wo ein Teil der Windungen der Wicklung k_1 bloss den Zahn 12, die weiteren Windungen aber die Zähne 12, 13, 14 umfassen.

In der Figur ist bloss je eine Windung dargestellt.

PATENTANSPRUCH

Wicklung für einen Gleich- oder Wechselstrom-Kommutatormotor, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den aufeinanderfolgenden Segmenten (1, 2, 3 ...) des Kommutators mindestens ein Teil der Wicklung (k) derart geschaltet ist, dass die Windungen der zwischen den aufeinanderfolgenden Bürsten befindlichen Wicklungsteile (k) vom zu erregenden Eisenkörper (N) höchstens eine halbe Polweite, d. h. höchstens 90 elektrische Grade umfassen.

UNTERANSPRÜCHE

1. Wicklung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Bürsten ausserhalb der neutralen Zone, zweckmässig in der Umgebung der grössten Kraftliniendichte die Segmente berühren.

2. Wicklung nach Patentanspruch und Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklung innerhalb der 90 elektrischen Grade derart angeordnet ist, dass mindestens eine der Windungen der in den Nuten des Eisenkerns befindlichen Wicklungen, mindestens einzelne Zähne gleichzeitig umfassen.

3. Wicklung nach Patentanspruch und Unteranspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Windungen der in den Nuten des Eisenkerns befindlichen Wicklungen bzw. Wicklungsteile mindestens einen Zahn und mehrere Zähne derart umfassen, dass sie durch Überlappung mindestens

einen Zahn von den durch Windungen der vorausgehenden und nachfolgenden Wicklungen umfassten Zähne auch umfassen.

4. Wicklung nach Patentanspruch und Unteranspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Windungen von verschiedenen Wicklungen mit Überlappung derart ausgebildet sind, dass mindestens Teile der Windungen der einen Wicklung (k_1) teils den ersten Zahn (12), teils den zweiten Zahn (13), die Windungen der zweiten Wicklung (k_2) teils den zweiten Zahn (13), teils den dritten Zahn (14) umfassen, mindestens ein Teil der Windungen der weiteren Wicklungen je einen von den Windungen teils der vorangehenden Wicklungen, teils der nachfolgenden Wicklungen umfassten Zahn umfassen (Fig. 8).

5. Wicklung nach Patentanspruch und Unteranspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Windungen der verschiedenen Wicklungen mit Überlappung derart ausgebildet sind, dass mindestens ein Teil der Windungen der einen Wicklung teils den ersten Zahn (12), den zweiten Zahn (13), und den dritten Zahn (14) mindestens ein Teil der Windungen der zweiten Wicklung den zweiten Zahn (13), den dritten Zahn (14) und den vierten Zahn (15) umfassen, mindestens ein Teil der Windungen der weiteren Wicklungen aber teils die von den Windungen der vorangehenden beiden Wicklungen, teils die von den Windungen der nachfolgenden beiden Wicklungen bereits umfassten Zähne umfassen (Fig. 9, 10).

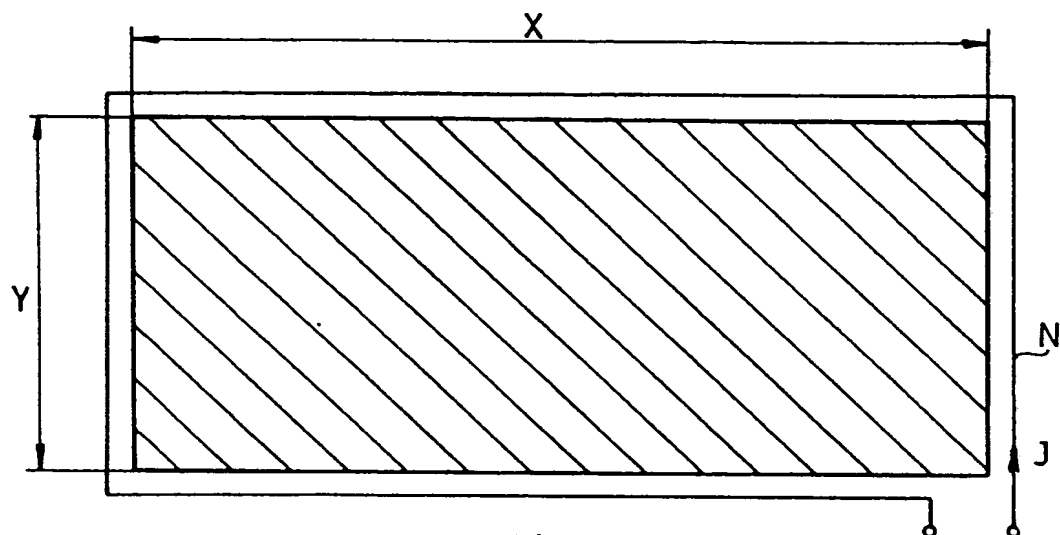


Fig. 1

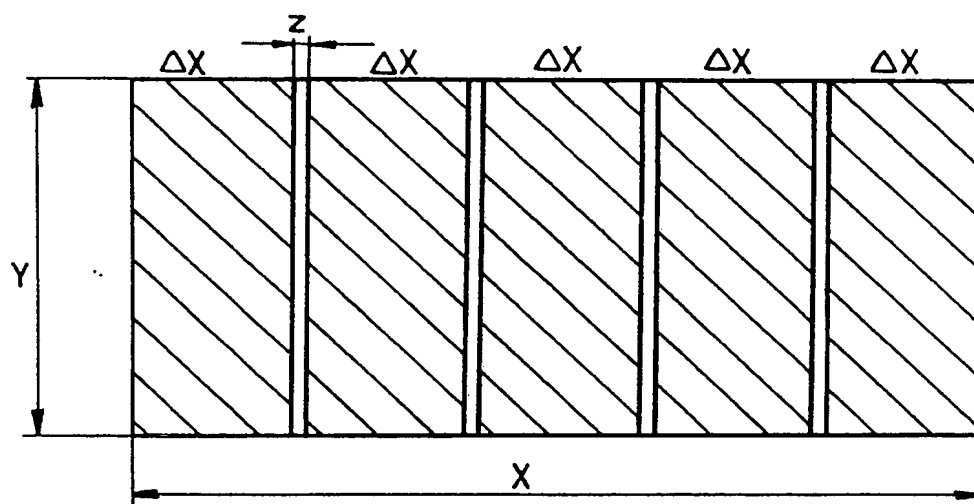


Fig. 2

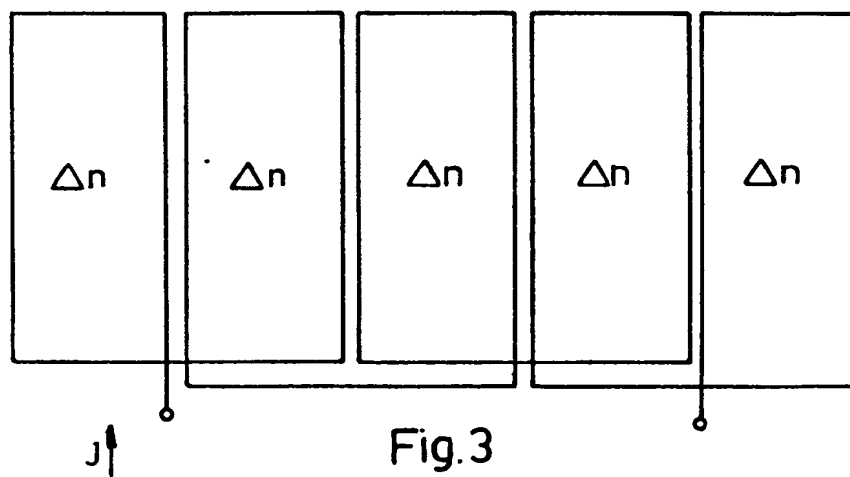
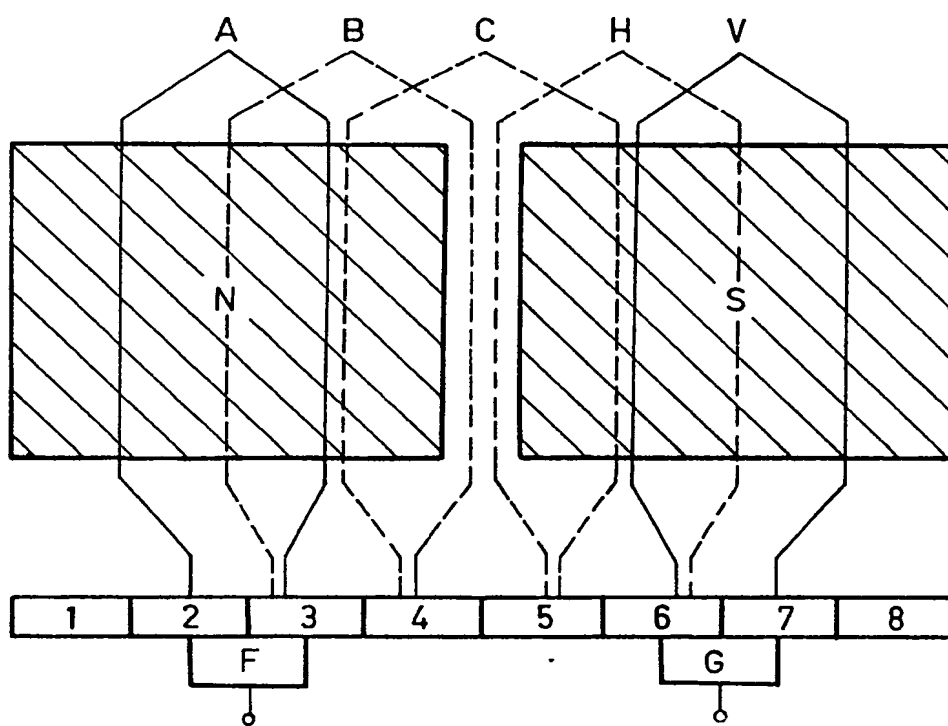
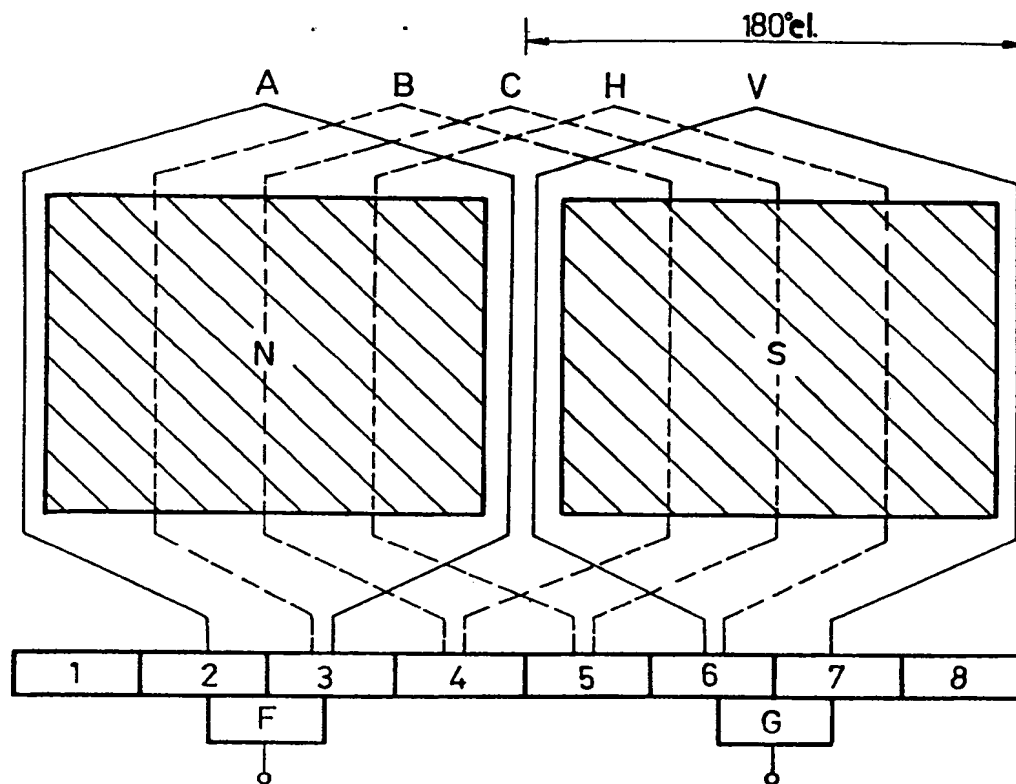


Fig. 3



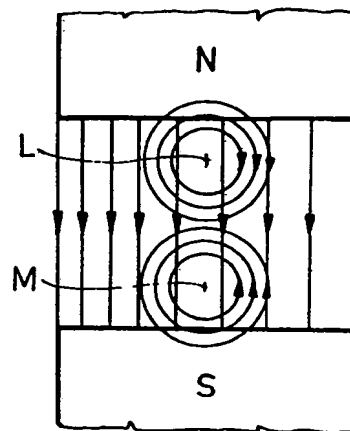


Fig. 6

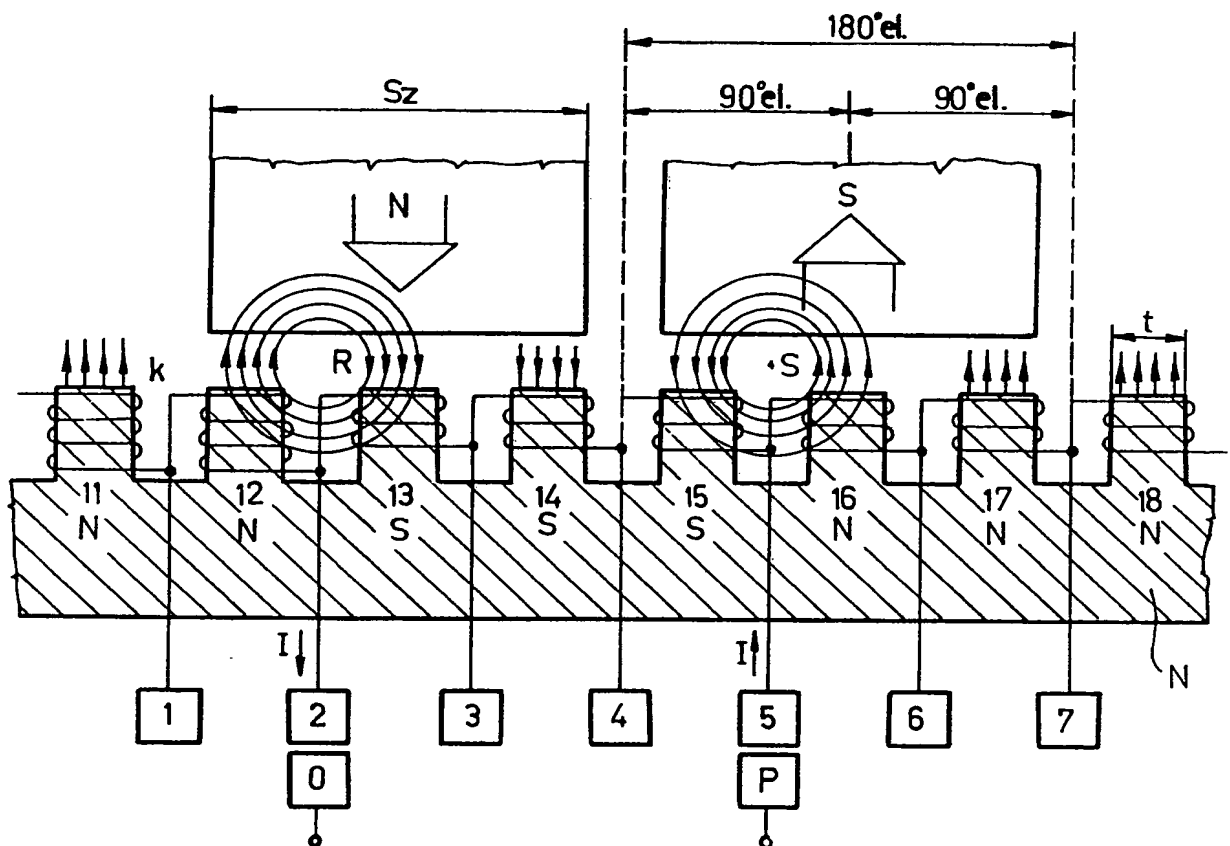


Fig. 7

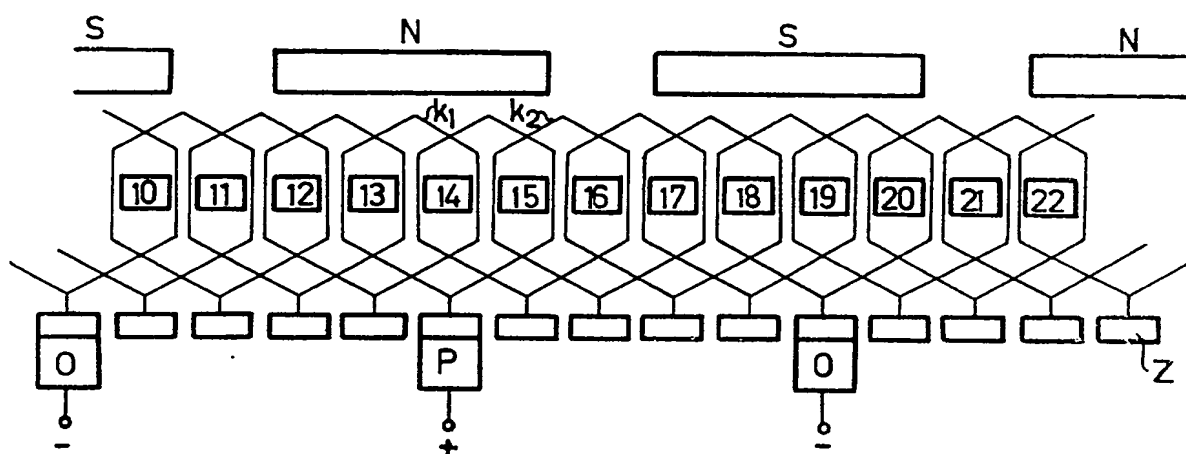


Fig. 8

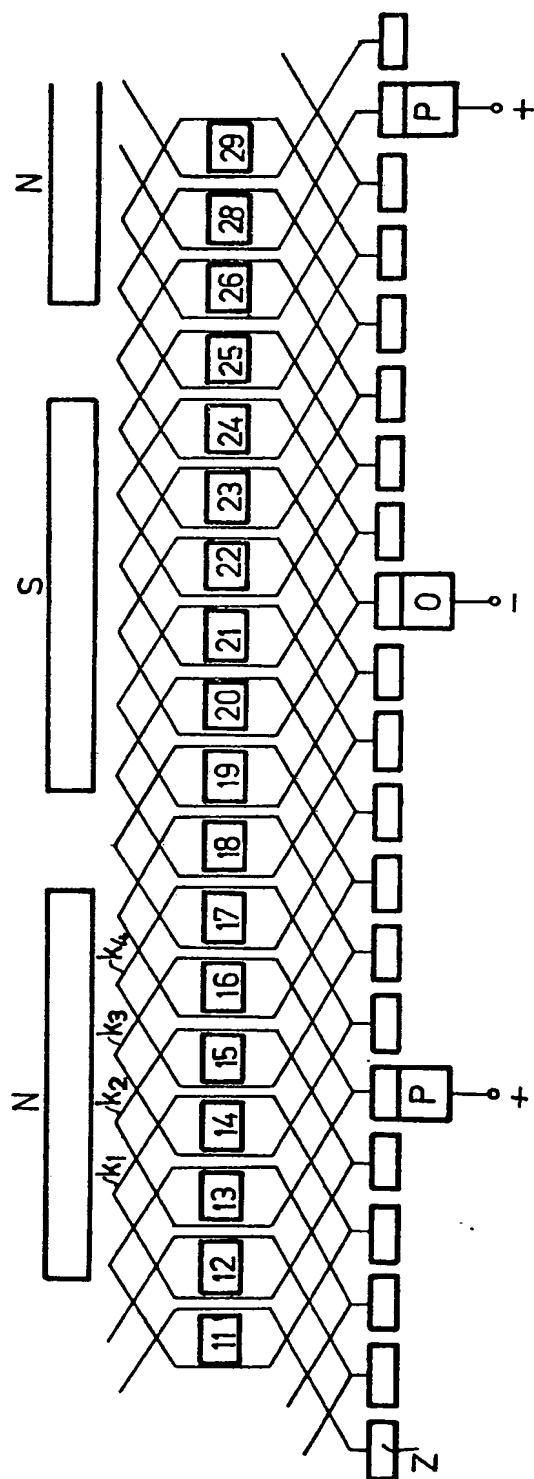


Fig. 9

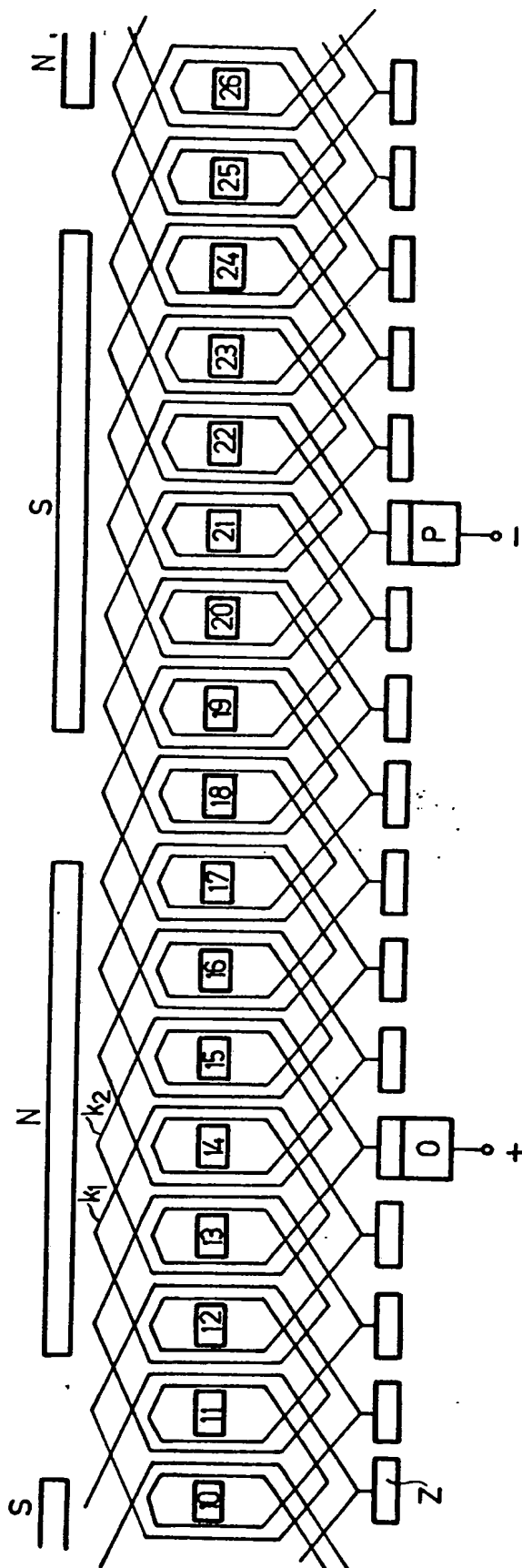


Fig. 10